Note de recherche forestière n° 131

Résultats de cinq ans des effets de l'élagage sur la croissance de l'épinette blanche et du sapin baumier

Guillaume CYR

F.D.C. 245
L.C. 407

Résumé

Le principal objectif recherché de l'élagage est la production de bois sans noeud; la diminution de croissance en diamètre et en volume est une préoccupation si l'intensité maximale d'élagage (proportion de cime vivante enlevée) reconnue pour l'espèce est dépassée. La présente étude a comme objectif de 1) s'assurer qu'un élagage pratiqué à des degrés d'intensité jugés prudents (en deçà de 35 %) est sans effet sur la croissance en volume utilisable de la portion de tige élaguée, peu importe l'outil utilisé et la saison d'exécution; 2) évaluer l'incidence du traitement d'élagage sur le défilement de la portion de tige élaguée. L'étude s'est déroulée dans trois dispositifs de recherche conçus à l'origine pour expérimenter d'une part l'effet du traitement sur la croissance et, d'autre part, l'effet de différentes modalités du traitement sur la qualité du bois formé. Ce dernier aspect n'est pas l'objet de l'étude actuelle. Ces dispositifs ont été installés dans deux plantations d'épinette blanche et un peuplement naturel de sapin baumier du Bas-Saint-Laurent en 1998. L'élagage a été pratiqué à hauteur constante pour tous les arbres (intensité moyenne d'élagage inférieure à 33 %). L'intervention a été exécutée à l'aide de trois outils et au cours de deux saisons différentes. Les données de croissance issues du mesurage périodique des arbres échantillons ont été utilisées pour évaluer l'effet de l'élagage sur la croissance de la portion de tige élaguée des arbres, cinq ans après le traitement. Le traitement n'a eu aucun effet sur le volume utilisable. Dans un contexte de transformation, l'intérêt pour le volume utilisable d'une bille est supérieur au volume total car il exprime la portion utilisable pour le débitage. À quelques occasions, nous avons noté un effet négatif du traitement sur le dhp et le volume dans les plantations d'épinette. Cependant, cet effet est peu important d'un point de vue sylvicole; les différences détectées sont très minimes. Il en va de même du défilement pour lequel la réduction parfois détectée est très minime. Pour le sapin baumier, de façon générale, les arbres traités ne se sont pas démarqués des arbres témoins, possiblement à cause de la mortalité naturelle des branches inférieures avant le traitement. L'intensité d'élagage a donc été moindre. En conclusion, les traitements d'élagage n'ont eu aucun impact négatif sur la croissance des billes de pied élaguées après cinq ans.

Mots clés : élagage, épinette, sapin, volume, diamètre, défilement

Abstract

The main objective of pruning is the production of clear timber; a reduction in diameter and volume growth is a concern if the maximum accepted pruning intensity (proportion of live crown removed) for the species is surpassed. This study has two objectives: 1) to ensure that pruning at degrees of intensity considered prudent (less than 35%) has no effect on recoverable wood volume growth in the pruned portion of the stem, independent of the tool used and the season done; 2) to evaluate the effect of pruning on stem taper in the pruned portion. The study was carried out in three research areas originally designed to observe, firstly, the effect of the treatment on growth, and secondly, the effect of different treatments on the quality of the wood formed. The latter aspect is not reported here. The experiments were established in 1998 in the Lower St. Lawrence region of Québec, in two white spruce plantations and in a natural balsam fir stand. Pruning was done to a constant height for all trees (medium pruning intensity <33%), using three tools over the course of two different seasons. Growth data coming from periodic measurements of sample trees were used to evaluate the effect of pruning on the growth of the pruned portion of the trees, five years after treatment. The treatment had no effect on the recoverable wood volume. For manufacturing, interest in the recoverable wood volume of a stem is greater than for total volume, because it expresses the portion of the stem that is useable for lumber production. In spruce plantations, in some cases we observed a negative treatment effect on the dbh and the volume. However, the effect is not important in silvicultural terms, the differences seen being minimal. The same is true for taper, the reduction that was at times seen being very small. For balsam fir, in general terms, treated and control trees do not differ, possibly because of the presence of natural mortality of the lower branches before treatment, with the result that pruning intensity was reduced. In conclusion, the pruning treatments had no negative effect on the growth rate of pruned stems after five years.

Key words: pruning, spruce, fir, volume, diameter, taper

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8
Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca
site internet : www.mrnf.gouv.qc.ca

Québec

Introduction

L'industrie forestière s'est longtemps assurée d'un approvisionnement de bois résineux en exploitant des forêts vierges. De plus en plus, l'offre de matière ligneuse provient des forêts de seconde venue ou des plantations. Ces forêts sont souvent aménagées pour stimuler la croissance des arbres. La gestion de la densité des peuplements par des traitements de dégagement, d'éclaircie précommerciale et, dans certains cas, d'éclaircie commerciale favorise la croissance individuelle des arbres. Le cas échéant, cette approche permet de réduire l'intervalle de temps entre deux récoltes. Le maintien de conditions favorables à la croissance des arbres est d'autant plus crucial dans le cas des plantations puisque l'investissement consenti à toutes les phases d'établissement est relativement important. Les arbres soumis à un tel environnement ont une cime vivante très longue équivalant parfois à la hauteur totale de l'arbre. La persistance des branches occasionne la formation de gros noeuds (BALLARD et LONG 1988) tout en maintenant un défilement relativement prononcé du tronc (KELLER et THIERCELIN 1984). Même mortes, les branches persistent longtemps sur le tronc avant de s'élaguer naturellement (MÄKINEN 1999a). La présence de noeuds déprécie l'apparence et les qualités structurelles du bois. Le grand nombre de noeuds tout comme la faible densité du bois et, possiblement la forte proportion de bois juvénile, constituent les principaux facteurs du déclassement du bois de placage lors de son classement mécanique (ZHANG *et al.* 2004). La grosseur des noeuds semblerait un facteur plus important que la densité du bois pour expliquer la résistance et la rigidité du bois (WHITESIDE *et al.* 1977). Les caractéristiques des noeuds – grosseur, nombre et condition (morts ou vivants) – plus que toute autre caractéristique du bois, influencent le degré d'acceptabilité des bois commerciaux et l'usage qu'il peut en être fait (BRAZIER 1977). Un défilement de tige peu prononcé est avantageux pour les opérations de débitage puisque la proportion du volume inutilisable est moindre (KELLER et THIERCELIN 1984, FIGHT *et al.* 1991).

L'élagage est un traitement qui consiste à couper les branches vivantes et mortes sur la portion inférieure de la tige d'un arbre. C'est un traitement destiné à valoriser la bille de pied d'un arbre et à améliorer ses qualités (BALLARD et LONG 1988, UOTILA et MUSTONEN 1994, NEILSEN et PINKARD 2003). L'élagage initie la formation de bois sans noeuds, l'amélioration du défilement lorsqu'il est pratiqué sur des branches vivantes (STAEBLER 1963) et, dans certains cas, la transition hâtive de formation du bois de jeunesse (*juvenile wood*) en bois adulte (*mature wood*) (COWN 1973). Dans le cas de peuplements résineux aménagés, l'élagage est indispensable si l'on veut produire une quantité significative de bois sans noeuds à l'intérieur de la période de révolution (BERRY 1968, PRÉGENT 1998, MÄKINEN 1999a).

L'élagage est un traitement courant dans certaines régions forestières où le contexte fait en sorte que ce traitement soit rentable (BOUILLET 1985; FIGHT *et al.* 1991, 1992, 1993; KNOWLES 1995). L'élagage peut accroître le rendement en bois sans noeuds et ainsi augmenter la valeur des billes produites (GRANT *et al.* 1984). Au Québec, l'élagage des résineux est à peu près inexistant dans les forêts publiques mis à part l'élagage phytosanitaire préventif pour contrer la rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola* J.C. Fish.) dans les plantations de pin blanc (*Pinus strobus* L.). Les incitatifs à l'élagage pour la production de bois sans noeuds sont minimes; les prix offerts ne sont pas fonction des critères d'apparence sauf pour des billes de pin blanc de fortes dimensions et de quelques débouchés marginaux (SYNDICAT DES PROPRIÉTAIRES FORESTIERS DE LA RÉGION DE QUÉBEC 2005). La situation cependant évolue depuis que l'élagage des plantations d'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) et de Norvège (*P. abies* [L.] Karst.) et des plantations de pin blanc et rouge (*Pinus resinosa* Ait.) sur la forêt publique est devenu un traitement sylvicole inscrit dans la quatrième édition du Manuel d'aménagement forestier (MRNFP 2003); l'effet escompté vise à augmenter la valeur des tiges en produisant du bois sans noeuds à la coupe finale. Actuellement, l'élagage des résineux se pratique surtout en forêt privée où une aide financière est accordée par certaines Agences régionales de mise en valeur des forêts privées.

Afin d'obtenir un bénéfice sylvicole et économique optimal, la pratique de l'élagage doit se conformer à certaines modalités d'exécution notamment l'intensité (proportion de la cime vivante enlevée), le choix d'un bon outil (PETRUNCIO et MCFADDEN 1995) et la saison d'intervention (BRITISH COLUMBIA 1995). Une intensité d'élagage au-delà du seuil maximum recherché ralentirait la croissance des arbres traités (BLUM et SOLOMON 1980). Pour ce qui est de l'outil utilisé et de la saison d'intervention, il n'existe aucune mention dans la littérature scientifique à l'effet qu'ils puissent avoir une influence sur la croissance des arbres. Ils peuvent cependant influencer la qualité d'exécution du traitement et, par conséquent, la qualité du bois formé ultérieurement. La qualité de la

coupe et les blessures infligées peuvent varier selon l'outil utilisé (ST-AMOUR 2001). Ils ont donc une incidence sur le temps de recouvrement des blessures et, par conséquent sur le début de la formation de bois sans noeuds. Il est largement prétendu que la saison de végétation (fin du printemps et été) est une période défavorable pour l'élagage de branches vivantes en raison du risque d'inclusion de poches de résine dans le bois nouvellement formé. Cet aspect n'a cependant jamais été formellement étudié dans le contexte québécois.

L'objectif de l'étude est de quantifier l'effet de l'élagage sur la croissance en diamètre (dhp), en volume total et en volume utilisable et sur le défilement de la bille de pied de l'épinette blanche en plantation et le sapin baumier (*Abies balsamea* [L.] Mill.) cinq ans après traitement. Les effets éventuels de l'outil utilisé et de la saison d'exécution seront pris en compte.

Matériel et méthodes

Description des sites

L'étude s'est déroulée sur trois sites situés dans la MRC de Témiscouata, région du Bas-Saint-Laurent. Deux d'entre eux sont constitués de plantations d'épinette blanche : *Horseback* (68° 24' 00" long., 47° 36' 30" lat.) et *Beazley* (68° 38' 00" long., 47° 68' 00" lat.), respectivement plantés en 1976 et 1977. Le troisième site, appelé *Pain de Sucre* (68° 38' 00" long., 47° 50' 00" lat.), est une ancienne plantation d'épinette de Norvège de 1979 laquelle ne s'est jamais établie et s'est finalement régénérée de façon naturelle en sapin baumier. Les trois sites sont caractérisés par le type écologique MS12. L'indice de qualité de station à 50 ans pour ce type écologique est de 19,8 ± 2,6 m pour l'épinette blanche (sites *Horseback* et *Beazley*) et de 19,2 ± 2,4 m pour le sapin baumier (site *Pain de Sucre*) (BÉDARD 2002). Les trois peuplements ont été l'objet d'une éclaircie précommerciale avant le début de l'étude.

Dispositifs expérimentaux

L'étude a débuté par l'installation des dispositifs expérimentaux à l'été 1998, dans le cadre d'un projet-pilote destiné à évaluer le traitement d'élagage. Ces dispositifs sont constitués selon un plan à parcelles partagées avec cinq (*Beazley* et *Pain de Sucre*) ou quatre (*Horseback*) blocs. On retrouve, en parcelle principale, le facteur « saison d'intervention » avec deux traitements : été et automne. En sous-parcelle, le facteur « type d'outil » est évalué selon quatre traitements : scie manuelle, scie mécanique, guillotine mécanique et témoin (non-élagué). Les différents traitements ont été attribués de façon aléatoire à l'intérieur d'un bloc, d'abord à l'échelle de la parcelle principale et ensuite à l'échelle de la sous-parcelle. Les sous-parcelles attribuées à chacun des outils mécaniques avaient une superficie équivalente à la moitié de celle attribuée aux autres outils et étaient contiguës. Une représentation schématique d'un bloc est illustrée à la figure 1.

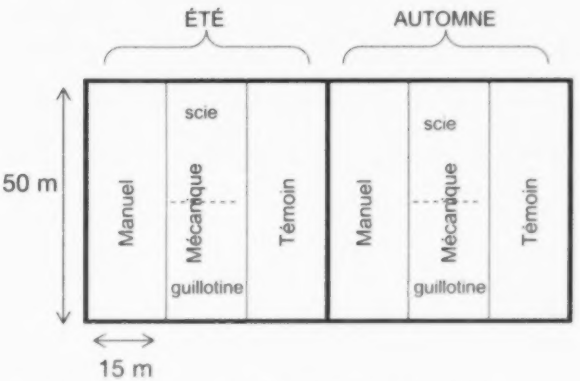

Figure 1. Schématisation d'un bloc expérimental

Ces dispositifs ont été conçus à l'origine pour évaluer l'effet du traitement d'élagage sur la croissance des arbres et pour étudier l'effet des modalités d'intervention que sont la saison d'intervention et l'outil utilisé sur la qualité du bois formé à la suite de l'élagage. Les aspects relatifs à la qualité du bois ne sont pas traités dans cette note de recherche.

Un échantillon de quatorze arbres par sous-parcelle (sept dans le cas des parcelles de chacun des deux outils mécaniques) a été choisi de façon systématique avec comme seule contrainte leur appartenance à l'espèce étudiée et à l'étage dominant ou codominant.

Traitements

Les traitements d'élagage ont été exécutés au cours de l'été et de l'automne 1998 (Tableau 1).

La scie à émonder fixée à une perche de 2 m a servi comme outil manuel (deux modèles ont été utilisés des fabricants *Sandvick* et *Corona*). Deux modèles d'élagueur du fabricant *Husqvarna* : le 250PS (scie à chaîne actionnée hydrauliquement) et le 235P (guillotine hydraulique) ont servi comme outils mécaniques. Tous les arbres à l'intérieur des parcelles traitées furent élagués; ce qui est contraire à la procédure habituelle d'opération laquelle recommande

Tableau 1. Dates d'exécution des traitements d'élagage

Site	Élagage d'été	Élagage d'automne
Beazley	23 juillet - 6 août	22 - 30 septembre
Horseback	6-21 août	30 septembre - 21 octobre
Pain de Sucre	8 - 23 juillet	14 - 21 septembre

de n'élaguer qu'environ 400 tiges à l'hectare. La hauteur d'élagage a été constante : 3,05 m (10 pieds) dans les deux plantations et 2,44 m (8 pieds) dans le site de forêt naturelle. Ces hauteurs correspondent à des intensités d'élagage moyennes de 23 et 33 % (Tableau 2). L'intensité d'élagage est définie ici comme le rapport de la longueur de cime vivante coupée sur la longueur initiale de cime vivante. Le bas de la cime vivante est déterminé par la branche vivante la plus basse. Trois ouvriers ont été affectés à l'élagage; nous avons pris le soin de répartir l'effet « Ouvrier » à tous les traitements. Les différents outils ont été utilisés à part égale par les trois ouvriers.

Mesures

La hauteur totale et six mesures de diamètre espacées de 50 cm entre 30 et 280 cm de hauteur ont été prises sur tous les arbres échantillons en 1998. Pour le site du sapin (*Pain de Sucre*), cinq mesures de diamètre ont été prises (entre 30 et 230 cm de hauteur). La hauteur totale des arbres a été mesurée au moyen d'une perche télescopique au cm près tandis que les diamètres ont été mesurés au mm près à l'aide d'un ruban circonférenciel. Les diamètres furent remesurés à l'automne 1999, 2001 et 2003. Le volume total (dm^3) (formule de Smalian), le volume utilisable (dm^3) et le défilement (cm/m) de la portion élaguée de la tige (aussi appelée bille de pied) ont été calculés pour chacun des arbres échantillons. Le volume utilisable correspond au volume maximal d'un cylindre contenu dans la portion de tige évaluée. La bille de pied correspond à la portion entre 30 et 280 cm de hauteur pour les épinettes et à la portion entre 30 et 230 cm de hauteur pour les sapins.

Analyses statistiques

Chacun des sites a été évalué de façon indépendante. Quatre variables ont été analysées soit le diamètre à hauteur de poitrine (dhp), le volume de la bille de pied (dm^3), le défilement (cm/m) et le volume utilisable de la bille de pied (dm^3). Une analyse de la covariance d'un plan à parcelles partagées avec mesures répétées a été effectuée à l'aide de la procédure mixed de SAS. Cette procédure permet de prendre en compte la structure de la matrice des corrélations entre les années de mesure. Il y a trois mesures répétées, soit 1999, 2001 et 2003. Six covariables possibles ont été retenues à cette fin, soit le nombre de tiges de chacune des unités expérimentales (parcelles), le dhp, le volume, la hauteur totale, le défilement et le volume utilisable des tiges mesurées en 1998. La meilleure covariable de chaque analyse a été déterminée en faisant appel à l'utilisation d'une statistique laquelle est une mesure d'ajustement du modèle. Dans tous les cas, il est apparu que la meilleure covariable à utiliser est la valeur initiale de la variable à analyser. Les covariables ont été significatives dans tous les cas à l'exception du nombre de tiges lequel s'est avéré significatif seulement lors de l'analyse du défilement à *Horseback*. Les comparaisons multiples ont été effectuées à l'aide d'un test LSD sur les moyennes ajustées par la covariable. Le seuil de signification retenu lors des analyses a été de 5 %.

Tableau 2. Caractéristiques des arbres échantillons au moment de l'élagage

Nom du site	Âge (années)	Hauteur moyenne[1] (m) et écart-type	Dhp moyen[1] (cm) et écart-type	Hauteur de la 1re branche vivante[1] (m) et écart-type	Intensité d'élagage[2] moyenne (%) et écart-type
Beazley	21	8,05 (0,94)	11,4 (1,81)	1,59 (0,61)	23,3 (9,3)
Horseback	22	7,71 (0,93)	12,3 (1,96)	0,96 (0,59)	32,8 (10,0)
Pain de Sucre	19	7,47 (1,28)	10,0 (1,99)	1,18 (0,73)	23,5 (10,4)

[1] Les moyennes ont été calculées à partir de 420 arbres ([7 arbres échantillons / parcelles] * [6 parcelles / bloc] * [5 blocs]) pour *Beazley* et *Pain de Sucre* et de 336 arbres (4 blocs) pour *Horseback*.

[2] Calculée uniquement pour les parcelles traitées (n pour *Beazley* et *Pain de Sucre* = 280; n pour *Horseback* = 224).

Les effets aléatoires sont ceux du bloc et des interactions du bloc avec les facteurs : saison; année*saison; saison*outil; année*saison*outil. L'erreur expérimentale et l'erreur d'échantillonnage sont les autres effets aléatoires. L'analyse des variables dépendantes s'est faite selon les sources de variation (effets fixes) à la base de la structure des unités expérimentales : la saison d'exécution et l'outil utilisé. Ces facteurs sont surtout testés dans le but d'étudier l'effet éventuel de la saison d'intervention et de l'outil utilisé sur le temps d'occlusion des plaies et la qualité du bois. Rappelons que ce dispositif est issu d'un projet-pilote qui vise à évaluer le traitement d'élagage et ses modalités.

Résultats

1) Plantations d'épinette blanche

a) Site *Horseback*

La saison d'intervention n'a eu aucun effet sur le dhp, le volume et le volume utilisable. Le défilement a cependant été influencé par la saison d'intervention seulement cinq ans après traitement (Tableau 3).

Les arbres élagués démontrent une réduction de leur dhp et de leur volume par rapport aux témoins (Tableaux 3 et 4) cinq ans après le traitement, peu importe l'outil utilisé. Ces effets étaient déjà visibles trois ans après traitement. Ces écarts sont toutefois très faibles : environ 0,2 cm pour le dhp et 1 dm^3 pour le volume.

Cependant, le volume utilisable de la bille de pied n'est pas altéré par le traitement d'élagage. Le défilement n'a pas été significativement amélioré par le traitement, du moins au cours des cinq premières années, malgré une forte tendance à cet effet (Tableau 3).

b) Site *Beazley*

De manière générale, l'outil utilisé a un effet significatif sur le dhp et le volume (Tableau 5). L'élagage, avec la scie à élaguer manuelle, a ralenti la croissance radiale au niveau du dhp, ce qui n'a pas été le cas avec les outils mécanisés (Tableau 6). Les mêmes constats ont été établis pour le volume. Ces différences sont très minimes : environ 0,2 cm pour le dhp et 1 dm^3 pour le volume. Le volume utilisable n'est pas influencé par le traitement d'élagage.

Il n'y a pas eu d'effets de la saison (Tableau 5).

Les tiges élaguées à la scie manuelle ont subi une légère réduction de leur dhp et par voie de conséquence une réduction de leur défilement. Cet effet est cependant très minime (< 0,1 cm/m). L'élagage à la scie mécanique a aussi eu un effet notable sur le défilement. L'usage de la guillotine a produit un effet moins évident sur ce paramètre que celui des autres outils : un an après traitement, seuls les effets de la scie manuelle et de la scie mécanique se distinguaient du témoin. Trois ans après traitement, l'effet de la guillotine sur le défilement était significatif mais dans une moindre mesure que celui des scies manuelle et mécanique. L'effet de la guillotine n'était plus visible cinq ans après le traitement (Tableau 6).

2) Peuplement d'origine naturelle de sapin baumier (site Pain de sucre)

Aucun effet du traitement d'élagage n'a été décelé en ce qui regarde le dhp, le volume et le volume utilisable cinq ans après traitement (Tableau 7).

Cependant, les mesures recueillies cinq ans après un élagage exécuté en période estivale montrent que l'usage de la guillotine a produit un plus faible

Tableau 3. Résultats de l'analyse de covariance des effets fixes, site *Horseback*

Sources de variation	Dhp		Volume		Volume utilisable		Défilement	
	F	P-value	F	P-value	F	P-value	F	P-value
Année	482,81	< 0,0001	231,18	< 0,0001	259,49	< 0,0001	184,25	< 0,0001
Saison	2,26	0,1435	1,63	0,2145	3,27	0,0824	3,50	0,1096
Année * Saison	0,50	0,6172	0,19	0,8284	0,41	0,6695	3,75	**0,0329**
Outils	5,43	**0,0063**	4,31	**0,0163**	1,26	0,3135	2,67	0,0783
Année * Outils	0,11	0,9944	0,13	0,9908	0,31	0,9251	2,31	0,0552
Saison * Outils	0,64	0,5992	0,41	0,7470	0,20	0,8950	0,53	0,6666
Année * Saison * Outils	0,44	0,8455	0,38	0,8869	0,23	0,9622	0,70	0,6501
Covariable	8 609,77	< 0,0001	6 826,44	< 0,0001	3 663,87	< 0,0001	6 583,56	< 0,0001

Tableau 4. Moyennes ajustées à la covariable des différentes variables de croissance, cinq ans après traitement, et résultats des comparaisons multiples de moyennes, site *Horseback*

Variables	Outil			
	Scie manuelle	Scie mécanique	Guillotine	Témoin (non élagué)
Dhp (cm)	14,6 a	14,6 a	14,6 a	14,8 b
Volume (dm^3)	42,8 a	42,3 a	42,5 a	43,8 b
Volume utilisable (dm^3)	32,6*			
Défilement† (cm/m)	1,8*			

Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative

* Moyenne de l'ensemble des outils

† L'interaction « Année*Saison » ($p = 0,033$) révèle une différence en 2003 selon la saison : 1,9 cm/m en été contre 1,8 cm/m en automne

Tableau 5. Résultats de l'analyse de covariance des effets fixes, site *Beazley*

Sources de variation	Dhp		Volume		Volume utilisable		Défilement	
	F	P-value	F	P-value	F	P-value	F	P-value
Année	965,23	< 0,0001	643,13	< 0,0001	785,42	< 0,0001	8,78	0,0032
Saison	0,02	0,8815	0,00	0,9929	0,19	0,6669	0,54	0,4983
Année * Saison	0,16	0,8503	0,14	0,8712	0,18	0,8382	1,32	0,2967
Outils	4,90	**0,0087**	4,15	**0,0168**	1,38	0,2745	9,35	**< 0,0001**
Année * Outils	0,78	0,5822	1,36	0,2951	1,45	0,2541	2,53	**0,0312**
Saison * Outils	0,42	0,7397	0,09	0,9647	0,11	0,9534	0,86	0,4617
Année * Saison * Outils	0,36	0,9067	0,80	0,5837	1,08	0,4135	0,79	0,5846
Covariable	10 672,20	< 0,0001	9 384,50	< 0,0001	6 752,83	< 0,0001	3 204,52	< 0,0001

Tableau 6. Moyennes ajustées à la covariable des différentes variables de croissance, cinq ans après traitement, et résultats des comparaisons multiples de moyennes, site *Beazley*

Variables	Outil			
	Scie manuelle	Scie mécanique	Guillotine	Témoin (non élagué)
Dhp (cm)	14,4 a	14,5 ab	14,5 ab	14,6 b
Volume (dm^3)	41,0 a	41,6 ab	41,2 ab	42,3 b
Volume utilisable (dm^3)	34,5*			
Défilement (cm/m)	1,25 a	1,25 ab	1,30 bc	1,33 c

Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative

* Moyenne de l'ensemble des outils

accroissement du volume total, de même que du volume utilisable de la bille de pied en comparaison de l'usage de la scie mécanique (Tableaux 7 et 8). Ces différences n'étaient pas visibles trois ans après traitement.

Pour ce qui est du défilement, seule la guillotine, utilisée lors de la période estivale, a eu un effet par rapport au témoin. Cet effet n'était pas visible trois ans après le traitement. Par ailleurs, lorsque les traitements se sont faits à l'automne, aucun outil n'a amélioré le défilement des tiges élaguées quand elles sont comparées au témoin après cinq ans (Tableau 8).

Discussion

L'élagage pratiqué sur une hauteur de 3 m dans les plantations d'épinette blanche d'une vingtaine d'années a ralenti la croissance radiale au niveau du dhp et celle du volume de la bille de pied. Cela s'explique par une diminution du pouvoir photosynthétique conséquente à une perte de surface foliaire (STAEBLER 1963). Ce ralentissement de croissance est cependant très minime et non significatif d'un point de vue sylvicole. Par conséquent, le volume utilisable ne change pas. Comme le volume utilisable représente mieux le volume disponible d'un objectif de production de bois d'oeuvre, il est plus intéressant à prendre en compte que le volume total. Un fort ratio du volume utilisable : volume total est avantageux car il signifie une minimisation de la perte au

Tableau 7. Résultats de l'analyse de covariance des effets fixes, site *Pain de sucre*

Sources de variation	Dhp		Volume		Volume utilisable		Défilement	
	F	P-value	F	P-value	F	P-value	F	P-value
Année	1 165,51	< 0,0001	390,20	< 0,0001	400,78	< 0,0001	79,06	< 0,0001
Saison	2,23	0,2078	1,46	0,2350	2,02	0,1629	0,03	0,8715
Année * Saison	1,85	0,1918	0,75	0,4858	0,84	0,4503	0,57	0,5783
Outils	1,27	0,3075	0,91	0,4478	0,61	0,6127	1,53	0,2306
Année * Outils	0,81	0,5744	0,46	0,8393	0,59	0,7374	0,82	0,5594
Saison * Outils	1,40	0,2679	1,36	0,2762	0,86	0,4744	3,44	0,0324
Année * Saison * Outils	1,77	0,1423	2,85	**0,0095**	2,89	**0,0087**	2,44	**0,0367**
Covariable	12 160,20	< 0,0001	9 793,48	< 0,0001	8 770,48	< 0,0001	3 149,96	< 0,0001

Tableau 8. Moyennes ajustées à la covariable des différentes variables de croissance, cinq ans après traitement, et résultats des comparaisons multiples de moyennes, site *Pain de sucre*

Variables		Outil			
		Scie manuelle	Scie mécanique	Guillotine	Témoin (non élagué)
Dhp (cm)			12,9*		
Volume (dm^3)	Été	27,5 ab	28,1 a	26,6 b	27,2 ab
	Automne		28,1*		
Volume utilisable (dm^3)	Été	23,0 ab	23,4 a	22,2 b	22,6 ab
	Automne		23,5*		
Défilement (cm/m)	Été	1,5 a	1,5 a	1,4 b	1,5 a
	Automne	1,4 a	1,5 ab	1,5 b	1,5 ab

Des lettres différentes sur une même ligne indiquent une différence significative

* Moyenne de l'ensemble des outils

débitage donc une utilisation optimale du volume disponible. L'horizon de temps retenu (cinq ans) est relativement court. Il sera intéressant de vérifier si ces effets s'accentueront ou s'atténueront avec le temps car, comme l'ont observés Blum et Solomon (1980) sur l'épinette rouge (*Picea rubens* Sarg), une atténuation des effets sur la croissance radiale peut survenir au cours des neuf premières années consécutives à l'élagage.

La longueur de cime vivante des arbres avant traitement est une indication de l'ampleur des effets de l'élagage sur la croissance. Plus la proportion de cime vivante enlevée est forte, plus l'effet du traitement sur la croissance sera prononcé. Des seuils maximaux d'intensité d'élagage (proportion de cime vivante enlevée), au-delà desquels survient une diminution significative de croissance, ont été déterminés pour différentes espèces résineuses. Ces valeurs oscillent généralement entre 25 et 40 % (Barrett 1968, Margolis *et al.* 1988, O'Hara 1991, Uotila et Mustonen 1994, Neilsen et Pinkard 2003). L'intensité d'élagage moyenne pratiquée lors de notre étude est inférieure à ces valeurs puisque la méthode employée pour fixer la longueur de cime vivante surestimait l'intensité d'élagage. La branche vivante la plus basse a servi de point de référence comme bas de la cime vivante. En général, il est admis que ce point de référence se situe au milieu de l'intervalle qui sépare la dernière branche vivante du dernier verticille complet (Keller 1968) ou au niveau du plus bas verticille pourvu de branches vivantes sur au moins trois quadrants autour de la tige (OIFQ 2000). Dans notre cas, cette situation accroît la difficulté d'établir une relation entre l'intensité d'élagage et l'ampleur des effets du traitement. Des dispositifs ont été établis en 1999 avec comme objectif principal d'étudier les effets de l'intensité d'élagage.

Les caractéristiques de cime vivante des arbres sont tributaires de l'état initial du peuplement et des conditions culturales passées. Ainsi, un peuplement maintenu dense sera composé d'arbres dont la cime vivante est réduite, ce qui limite du même coup leur croissance radiale. À l'opposé, un peuplement dont la densité aura été gérée de façon rigoureuse par des dégagements et des éclaircies (précommerciales ou commerciales) effectuées au moment opportun sera composé d'arbres à cime développée. De tels arbres auront des taux de croissance radiale relativement avantageux. La diminution de la densité du peuplement provoque un accroissement du diamètre des branches et accroît leur persistance sur le tronc (Laidly et Barse 1979; Mäkinen 1999a, b).

Ainsi, l'effet de l'élagage sur la qualité du bois est davantage marqué dans un peuplement où l'espacement entre les tiges est élevé (Kellomäki *et al.* 1989). Les peuplements étudiés ici ont une densité que l'on pourrait qualifier de standard par rapport au type d'aménagement qui leur est appliqué. Les deux plantations ont bénéficié d'une éclaircie précommerciale laquelle les a libérées d'une compétition interspécifique. Si l'on prend en compte un taux de mortalité « normal », leur densité mesurée à l'automne 2004 est respectivement de 1790 ± 163 tiges/ha (23,4 m^2/ha) et de 2014 ± 440 tiges/ha (24,5 m^2/ha) pour *Beazley* et *Horseback*. Leurs densités sont donc comparables. Le peuplement d'origine naturelle pour sa part a bénéficié d'une éclaircie précommerciale; ce qui a ramené sa densité initiale très élevée à un niveau standard (donnée non disponible).

Le fait que nous ayons élagué tous les arbres à l'intérieur des parcelles traitées, plutôt qu'un sur cinq comme il est recommandé en pratique, a peut-être eu un effet sur les résultats obtenus. Nous posons l'hypothèse que les différences entre les arbres traités et non traités auraient été plus grandes si seulement 400 tiges uniformément réparties à l'hectare avaient été élaguées. En traitant un nombre restreint d'arbres, les arbres non traités lesquels disposent d'une cime plus imposante que leurs voisins traités, peuvent être en mesure de les concurrencer davantage.

À *Beazley*, le traitement a amélioré le défilement de la bille de pied en atténuant sa forme conique. De même une forte tendance en ce sens a été observée à *Horseback*. Cet effet du traitement est toutefois très minime; l'amélioration du défilement n'a été que de 0,08 cm/m ce qui est négligeable d'un point de vue sylvicole. L'effet sur le défilement s'explique par le ralentissement de la croissance radiale lequel est d'autant plus prononcé au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la base de la cime verte (Brazier 1977, Bendtsen 1978, Kershaw et Maguire 2000). L'interaction « Année*Outil » significative à *Beazley* révèle que le défilement des arbres témoins s'est amélioré dans le temps au point de ne plus se différencier cinq ans après le traitement de certains groupes d'arbres élagués. À *Horseback* cependant, l'interaction « Année*Outil » révèle une forte tendance des tiges élaguées à atténuer leur défilement au cours des cinq années consécutives au traitement. Toutefois, la question de savoir si l'effet de l'élagage sur le défilement des tiges se poursuivra au fur et à mesure de la fermeture graduelle du couvert, lequel provoque naturellement la mort des branches basses des arbres, demeure en suspens.

À *Beazley*, les effets sur la croissance en dhp et en volume et sur le défilement ont été fonction de l'outil d'élagage utilisé. L'usage des outils mécanisés n'a pas eu d'effet sur la croissance radiale et sur le volume, contrairement à l'usage de la scie manuelle. Les différences observées statistiquement sont négligeables d'un point de vue sylvicole. Il ne fallait pas s'attendre à ce que la croissance réagisse au type d'outil utilisé; il n'existe aucune mention à cet effet dans la littérature scientifique. Le type d'outil utilisé influence la productivité, le coût de même que la qualité d'exécution du traitement (ST-AMOUR 2001). La qualité d'exécution s'évalue selon le nombre de blessures infligées au tronc, la longueur des moignons laissés après la coupe des branches et l'état des surfaces de coupe. Eu égard à ces aspects, le type d'outil était choisi en prenant compte de son influence probable sur le début de formation de bois sans noeuds (PETRUNCIO *et al.* 1997) et l'occurrence de problèmes pathologiques de décoloration ou dégradation du bois. Par exemple, l'usage de la scie mécanique est susceptible de blesser ou d'éliminer le bourrelet cicatriciel à la base de la branche. Le bourrelet cicatriciel a un rôle protecteur contre les infections et l'élimination de ce dernier faciliterait l'infection de la plaie et l'entrée des micro-organismes dans la tige (SHIGO 1984). Une étude plus approfondie de la quantité et de la qualité du bois formé à la suite de l'élagage en fonction des outils et de la saison d'exécution est toujours envisagée.

L'interaction « Année*Saison » détectée à *Horseback* révèle que le défilement est moins prononcé lorsque l'élagage est effectué en automne, cinq ans après le traitement. Cependant, le maigre 0,07 cm/m de différence est absolument sans signification du point de vue sylvicole. Il n'existe aucune mention dans la littérature à l'effet que la croissance consécutive à un élagage puisse être influencée par la saison d'exécution du traitement.

L'élagage du sapin baumier n'a eu aucun effet sur la croissance de la bille de pied, tous outils confondus; seule une très légère amélioration (diminution de 0,1 cm/m) du défilement a été détectée pour le traitement effectué à la guillotine au cours de l'été. La faible proportion de cime vivante enlevée (intensité moyenne d'élagage < 23,5 %) au sapin par le traitement laisse supposer l'absence d'effets sur la croissance. Les différences observées entre les effets de la guillotine et ceux de la scie mécanique à l'égard du volume et du volume utilisable, lorsque l'élagage est exécuté en été, sont peut-être fortuits.

Conclusion

Cinq ans après l'élagage, il est encore tôt pour établir l'importance du bois sans noeuds formé; la cicatrisation des plaies d'élagage ou le recouvrement des moignons est encore trop récent. On constate cependant l'absence d'effets négatifs sur la croissance des billes de pied. Malgré que, d'un point de vue statistique, on détecte parfois des diminutions de croissance en diamètre et en volume, celles-ci sont faibles au point d'être sans signification sylvicole. L'effet positif parfois relevé sur le défilement est lui aussi négligeable d'un point de vue sylvicole. Ces résultats sont surtout attribuables à une intensité d'élagage (proportion de cime vivante enlevée) modérée. L'effet sur le patron de croissance des tiges élaguées aurait pu être de plus forte amplitude si l'intensité d'élagage avait été plus élevée. Un intervalle de cinq ans est relativement court pour constater les effets d'un traitement d'élagage. Il serait par conséquent inapproprié de tirer des conclusions définitives à partir des résultats obtenus ici. Un suivi sur une plus longue période de temps sera nécessaire. Il sera intéressant aussi de mesurer le bénéfice éventuel obtenu en regard de l'objectif premier du traitement d'élagage, soit la formation de bois de qualité accrue. Cette qualité accrue peut se mesurer par de meilleures propriétés mécaniques et une meilleure apparence grâce à du bois clair de noeuds.

Remerciements

Nous désirons remercier tout particulièrement M. Patrick Moreault du Groupement forestier de l'Est du lac Témiscouata pour la collecte et le traitement des données. Nos remerciements s'adressent également au personnel de la Direction de la recherche forestière du MRNF pour sa collaboration, notamment : M. Louis Blais et M^me^ Julie Béliveau de l'équipe de biométrie pour les analyses statistiques, M. Robert Jobidon l'instigateur de ce projet, MM. Guy Prégent et Vincent Roy pour leurs commentaires utiles et avisés d'une précédente version, M. Pierre Bélanger pour l'édition, M^me^ Sylvie Bourassa pour la révision et M^me^ Maripierre Jalbert pour la mise en page de cette note. Nous tenons à remercier le comité de lecture composé de MM. Carol Desbiens, Jean Bégin et Jean-Marie Binot pour la critique constructive du document. L'auteur tient à remercier M. Alain Lapierre de Bowater Division canadienne des produits forestiers et MM. Normand Gendron et Carol Desbiens de l'Unité de gestion du Grand Portage du MRNF pour leur appui au projet.

Références bibliographiques

BALLARD, L.A. et J.N. LONG, 1988. *Influence of stand density on log quality of lodgepole pine.* Can. J. For. Res. 18 : 911-916.

BARRETT, J.W., 1968. *Pruning of ponderosa pine-effect on growth.* U.S. Forest Service. Research Paper PNW-68. 9 p.

BÉDARD, S., 2002. *L'estimation du potentiel de croissance des stations forestières : exemple du sous-domaine de la sapinière à bouleau jaune de l'est du Québec.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 140. 36 p.

BENDTSEN, B.A., 1978. *Properties of wood from improved and intensively managed trees.* For. Prod. J. 28 : 61-72.

BERRY, A.B., 1968. *How plantation white spruce responds to crown thinning.* Can. For. Ind. August 1968 : 20-22.

BLUM, B.M. et D.S. SOLOMON, 1980. *Growth trends in pruned red spruce trees.* USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Research Note NE-294. 6 p.

BOUILLET, J.-P., 1985. *Au sujet de la rentabilité de l'élagage des branches vertes des résineux.* Rev. For. Fr. 37(1) : 61-70.

BRAZIER, J.D., 1977. *The effect of forest practices on quality of the harvested crop.* Forestry 50 : 49-66.

BRITISH COLUMBIA, 1995. *Forest Practice Code. Pruning Guidebook.* BC Forest Service, Victoria, 26 p.

COWN, D.J., 1973. *Effects of severe thinning and pruning treatments on the intrinsic wood properties of young radiata pine.* New Zealand Journal of Forestry Science 3 : 379-389.

FIGHT, R.D., N.A. BOLON et J.M. CAHILL, 1992. *Financial analysis of pruning ponderosa pine.* USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. Research Paper PNW-RP-449. 17 p.

FIGHT, R.D., N.A. BOLON et J.M. CAHILL, 1993. *Financial analysis of pruning Douglas-Fir and Ponderosa Pine in the Pacific Northwest.* West. J. Appl. For. 10 : 58-61.

FIGHT, R.D., T.D. FAHEY et S. JOHNSTON, 1991. *Timber quality and pruning: an analysis of management regimes for the Siuslaw National Forest.* Dans : MURPHY, D. (éd.). *National Silviculture Workshop. Getting to the future through silviculture. Workshop Proceedings.* 6-9 mai. Cedar City, Utah. USDA Forest Service, Intermountain Research Station, Gen. Tech. Rep. INT-291. p. 93-95.

GRANT, D.J., A. ANTON et P. LIND, 1984. *Bending strength, stiffness, and stress-grade of structural* Pinus radiata*: effect of knots and timber density.* New Zealand Journal of Forestry Science 14(3) : 331-348.

KELLER, R., 1968. *L'élagage artificiel de branches vivantes sur résineux.* Rev. For. Fr. 7-8 : 458-472.

KELLER, R. et F. THIERCELIN, 1984. *L'élagage des plantations d'épicéa commun et de douglas.* Rev. For. Fr. XXXVI(4) : 289-302.

KELLOMÄKI, S., P. OKER-BLOM, V. VALTONEN et H. VÄISÄNEN, 1989. *Structural development of Scots pine stands with varying initial density: effect of pruning on branchiness of wood.* For. Eco. Manage. 27 : 219-233.

KERSHAW, Jr., J.A. et D.A. MAGUIRE, 2000. *Influence of vertical foliage structure on the distribution of stem cross-sectional area increment in western hemlock and balsam fir.* Forest Sci. 46(1) : 86-94.

KNOWLES, R.L., 1995. *New Zealand Experience with Pruning Radiata pine.* Dans : HANLEY, D.P., C.D. OLIVER, D.A. MAGUIRE, D.G. BRIGGS et R.D. FIGHT (éd.). *Forest Pruning and Wood Quality of Western North American Conifers.* Institute of Forest Resources. University of Washington, Contribution N° 77. Chapitre 19 : p. 255-264.

LAIDLY, P.L. et R.G. BARSE, 1979. *Spacing affects knot surface in red pine plantations.* USDA Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Research Note NC-246. 3 p.

MÄKINEN, H., 1999a. *Growth, suppression, death, and self-pruning of branches of Scots pine in southern and central Finland.* Can. J. For. Res. 29 : 585-594.

MÄKINEN, H., 1999b. *Effect of stand density on radial growth of branches of Scots pine in southern and central Finland.* Can. J. For. Res. 29 : 1216-1224.

MARGOLIS, H.A., R.R. GAGNON, D. POTHIER et M. PINEAU, 1988. *The adjustment of growth, sapwood area, heartwood area, and sapwood saturated permeability of balsam fir after different intensities of pruning.* Can. J. For. Res. 18 : 723-727.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, DE LA FAUNE ET DES PARCS DU QUÉBEC, 2003. *Manuel d'aménagement forestier, 4e édition.* Direction des programmes forestiers. 245 p.

NEILSEN, W.A. et E.A. PINKARD, 2003. *Effects of green pruning on growth of* Pinus radiata. Can. J. For. Res. 33(11) : 2067-2073.

O'HARA, K.L., 1991. *A biological justification for pruning in coastal Douglas-fir stands.* West. J. Appl. For. 6 : 59-63.

ORDRE DES INGÉNIEURS FORESTIERS DU QUÉBEC, 2000. *Dictionnaire de la foresterie.* Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy.

PRÉGENT, G., 1998. *L'éclaircie des plantations.* Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 133, 38 p.

PETRUNCIO, M., D. BRIGGS et R.J. BARBOUR, 1997. *Predicting pruned branch stub occlusion in young, coastal Douglas-fir.* Can. J. For. Res. 27 : 1074-1082.

PETRUNCIO, M. et G. MCFADDEN, 1995. *Developments in Forest Pruning Equipment.* Dans : HANLEY, D.P., C.D. OLIVER, D.A. MAGUIRE, D.G. BRIGGS et R.D. FIGHT (éd.). *Forest Pruning and Wood Quality of Western North American Conifers.* Institute of Forest Resources. University of Washington, Contribution N° 77, Chapitre 26 : p. 317-325.

SHIGO, A.L., 1984. *Tree decay and pruning.* Arbor. J. 8 : 1-12.

STAEBLER, G.R., 1963. *Growth along the stems of full-crowned Douglas-fir trees after pruning to specified heights.* J. For. 61 : 124-127.

ST-AMOUR, M., 2001. *Essai opérationnel de trois outils dans des travaux d'élagage.* FERIC. Avantage Vol. 2, n° 11, 4 p.

SYNDICAT DES PROPRIÉTAIRES FORESTIERS DE LA RÉGION DE QUÉBEC, 2005. *Les marchés du bois de sciage et déroulage. Les marchés des résineux.* spfrq.qc.ca/Prix/PrixRésineux.pdf.

UOTILA, A. et S. MUSTONEN, 1994. *The effect of different levels of green pruning on the diameter growth of* Pinus sylvestris *L. Scand.* J. For. Res. 9 : 226-232.

WHITESIDE, I.D., M.D. WILCOX et J.R. TUSTIN, 1977. *New Zealand Douglas fir timber quality in relation to silviculture.* New Zealand Journal of Forestry 22 : 24-44.

ZHANG, S.Y., Q. YU et J. BEAULIEU, 2004. *Genetic variation in veneer quality and its correlation to growth in white spruce.* Can. J. For. Res. 34 : 1311-1318.

Le mandat de la Direction de la recherche forestière (DRF) au sein du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) est de participer activement à l'amélioration de la pratique forestière au Québec. La concrétisation de ce mandat passe par la réalisation de travaux, principalement à long terme et d'envergure provinciale, lesquels intègrent à la fois des préoccupations de recherche fondamentale et de recherche appliquée.

Elle subventionne aussi des recherches universitaires à court ou à moyen terme. Ces recherches, importantes pour le Ministère, sont complémentaires aux travaux de la DRF ou réalisées dans des créneaux où elle ne peut s'impliquer.

Ressources naturelles et Faune
Québec

2006-3002
ISBN 2-550-46393-5
ISBN (pdf) 2-550-46394-3
Dépôt légal 2006
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
© 2006 Gouvernement du Québec